Die Nickelmagnetkieslagerstätten von Varallo-Sesia, Provinz Novara.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät (II. Sektion)

der

K. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

eingereicht

von

Max Priehäufser

aus Landshut

am 4. März 1909.

BERLIN 1909.

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)

Linienstraße 158.

Die Nickelmagnetkieslagerstätten von Varallo-Sesia, Provinz Novara.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät (II. Sektion)

der

K. Bayer. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

ACAD
LUDWIGAT
BIBL.

eingereicht

von

Max Priehäufser

aus Landshut

am 4. März 1909.

BERLIN 1909.

Universitäts-Buchdruckerei von Gustav Schade (Otto Francke)

Linienstraße 158.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547407_0011

Literatur.

Außer der in den Lehrbüchern über Erzlagerstätten von Beck und Stelzner-Bergeat angeführten Literatur mögen noch speziell genannt werden:

E. Artini e G. Melzi: Ricerche petrographiche e geologiche sulla Valsesia. Milano 1900.

M. Badoureau: Mémoire sur la metallurgie du nickel. Ann. des mines, 7. Sér. XII, 1877, 237.

A. P. Colemann: The Sudbury Nickel Field. Rep. bureau mines XIV, part III, 1905.

A. Cossa: Sulla natura delle rocce che racchiudono i depositi di pirrotina nichelifera di Campello monti. Trans. R. Acc. Lincei 1877, S. 169—170.

H. Gerlach: Die penninischen Alpen. Neue Denkschrift d. allg. schweiz. Ges. 1869.

R. van Horn: Petrogr. Unters. über die noritischen Gesteine der Umgebung von Ivrea in Oberitalien. Tschermaks Min.-petr. Mitt. XVII, 1898, S. 391.

Montefiori Levi: Di una miniera di pirrotina nichelifera di Locarno (Val Sesia). Atti soc. ital. scienze naturali IX, 1866, S. 418—425, Ref. N. Jahrb. 1867, S. 718—719.

B. Lotti: I depositi dei minerali metalliferi, 1903, S. 34—36.

C. Perazzi: Sul concentramento della chalcopirite nel giacimento di pirotina nichelifera. Mem. R. Acc. Scienze Torino 1865, XXI, pag. LXVII—LXX.

R. W. Schaefer: Der basische Gesteinszug von Ivrea im Gebiete des Mastallonetales. Tschermaks Min.-petr. Mitt. XVII, 1898, 495.

A. Stelzner: Feldspatfreie Gesteine aus dem Sesiatale. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. XXVIII, 1877, u. Berg- u. Hüttenmänn Ztg. XXXVI, 1877, S. 86—87.

G. Strüver: Contribuzioni allo studio dei graniti della bassa Valsesia. Atti Acc. Lincei 1890.

G. Tschermak: Eisennickelkies aus dem Sesiatale. Min.-petr. Mitt. 1874, S. 285.

E. Weinschenk: Die Nickelmagnetkieslagerstätten im Bezirk St. Blasien im südlichen Schwarzwald. Zeitschr. f. prakt. Geol. 1907, S. 73.

Eine Gruppe der interessantesten Erzlagerstätten, welche heute besonders im Mittelpunkte des Interesses stehen, haben wir in den Nickelmagnetkieslagerstätten vor uns, deren Bedeutung für die Praxis aus den großen, sich jährlich steigernden Produktionsziffern, namentlich des ausgedehnten Feldes in Canada, deutlich hervorgeht. Entsprechend der Wichtigkeit dieser Vorkommnisse für die Nickelgewinnung sind auf Veranlassung der canadischen Regierung schon bald nach der bergbaulichen Inangriffnahme ausgedehnte Untersuchungen der betreffenden Gebiete durchgeführt worden, welche in zahlreichen und eingehenden Abhandlungen veröffentlicht wurden. Schon in den ältesten Beschreibungen dieser Vorkommnisse und besonders prägnant in der Abhandlung von v. Foullon trat die Anschauung zutage, daß diese Erzlagerstätten einem ganz besonderen Typus zugehören und als magmatische Ausscheidungen aus einem basischen Schmelzfluß anzusehen seien.

Auch die ähnlichen Ablagerungen Skandinaviens sind, obwohl von viel geringerer technischer Bedeutung, durch die epochemachenden Arbeiten von J. H. L. Vogt in ihren geologischen Beziehungen klargestellt, und gerade die Gesichtspunkte, welche dieser Forscher aus seinen Beobachtungen ableitet, sind grundlegend für die Auffassung dieser ganzen Gruppe von Lagerstätten geworden.

Vereinzelte Vorkommnisse dieser Art finden sich auch außerhalb der bezeichneten Gebiete, so an der sächsisch-böhmischen Grenze bei Sohland a. d. Spree in Sachsen und bei Schluckenau in Böhmen, welche durch Beck und v. Foullon eingehender untersucht sind und dabei eine recht verschiedenartige Deutung erfuhren, oder im Bezirk von St. Blasien im südlichen Schwarzwald, deren Studium Weinschenk ebenfalls zu Anschauungen geführt hat, welche jenen Foullons und Vogts entgegengesetzt sind. Von dem hauptsächlichen derartigen Vorkommnis in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, der Lancaster Gap Mine in Pennsylvanien, hat Kemp eine auf modernen Methoden beruhende Beschreibung gegeben.

Irgend eine neueren Anschauungen Rechnung tragende, eingehendere Untersuchung fehlt aber bis jetzt vollständig von den hierher gehörigen Vorkommnissen in den Südalpen, welche sich von der Gegend des Lago Maggiore über Varallo in der Provinz Novara bis gegen Ivrea in der Provinz Turin in Italien verfolgen lassen.

Diese Lagerstätten, insgesamt der petrographisch so interessanten Ivreazone der italienischen Geologen angehörig, werden zwar in den neueren geologischen Beschreibungen der Gebiete hin und wieder gestreift; auch liegen Untersuchungen einzelner Gesteinshandstücke aus den Erzvorkomm-

nissen selbst vor, so z. B. von Stelzner, die den eigentümlichen Charakter dieser Lagerstätten beleuchten; eingehendere und namentlich auf geologischen Beobachtungen an Ort und Stelle fußende Studien sind aber an diesen Erzlagerstätten seit Jahrzehnten nicht mehr gemacht worden. Es lag daher nahe, im Interesse der Klärung der durch die Arbeiten Becks und Weinschenks wieder zur Kontroverse gewordenen Frage eine geologisch-petrographische Untersuchung der namentlich in der weiteren Umgebung von Varallo mehrfach aufgeschlossenen Nickelmagnetkiesvorkommnisse durchzuführen. Die Resultate dieser Forschungen sollen in folgendem gegeben werden; zunächst aber muß eine Zusammenstellung der in den anderen Gebieten gewonnenen Anschauungen früherer Autoren die hauptsächlich in Betracht kommenden Gesichtspunkte vor Augen stellen.

Was die Mineralparagenesis dieser Weltgruppe von Kieslagerstätten anlangt, so ist sie sehr gleichartig und sehr einfach. Vorherrschend sind Magnetkies und Schwefelkies. Ersterer ist das hauptsächlich wichtige Erz mit ständigem, zwischen zwei und fünf Prozent schwankendem Nickelgehalt (stets neben etwas Kobalt). Dem Schwefelkies fehlen diese Beimengungen keineswegs, sind aber immer nur in geringer Menge vorhanden. Nächstdem ist der Kupferkies der verbreitetste Bestandteil dieser Erzkonzentrationen, welcher wegen seines Kupfergehaltes zu einem nicht unwichtigen Begleiter wird. Von sonstigen Sulfiden werden aus diesen Lagerstätten erwähnt: Der Eisennickelkies, der Horbachit u. der Pentlandit, isomorphe Mischungen von Eisen- und Nickelsulfid mit wechselndem Nickelgehalt, welche in stets derben Aggregaten dem Nickelmagnetkies beigemengt sind. Die oxydischen Erze, welche aus solchen Vorkommnissen bekannt sind, vor allem das Titaneisen, scheinen zur Lagerstätte selbst in keiner Beziehung zu stehen; sie sind Gemengteile des zugehörigen Muttergesteins. Ferner findet sich das Erz durchgehends in massiger Ausbildung ohne Drusen und ohne erkennbare Gangart, häufig aber mit wechselnden Mengen von Einschlüssen der Bestandteile des Nebengesteins.

In Skandinavien sind die hierher gehörigen Lagerstätten an Gabbro- und Noritmassive gebunden, deren man mindestens 40 in ziemlich gleichmäßiger Verteilung zählt. Die eigentlichen magnetkiesführenden Stöcke sind Norite, z. T. olivinfrei, z. T. olivinführend, und sie gehen mit nachlassendem Feldspatgehalt in echte Amphibolpikrite über. Sie sind meist eingelagert in krystallinische Schiefer oder Gneise, am Kontakt gewöhnlich scharf getrennt, aber auch durch Übergänge mit dem Nebengestein verbunden. Hier findet sich das Erz hauptsächlich an der Grenze bald in der Weise, daß sich ein kompakter Belag direkt am Salband bildet, der sowohl in den Norit als in dessen Nebengestein Apophysen entsendet, bald so, daß eine Erzkonzentration am Rande des Noritmassivs gegen dieses Eruptivgestein in allmählichen Übergängen verläuft, bis schließlich ein erzarmer Norit aus vorherrschendem Erz hervorgegangen ist.

An diesen Nickelmagnetkieslagerstätten hat Vogt die Theorie der magmatischen Differenzierung näher begründet. Er stützt diese Anschauung hauptsächlich damit, daß das Erz konstant an diese basischen Gesteine gebunden ist, daß alle Übergänge vorhanden sind zwischen einem magnetkiesführenden Gabbro und einem silikateinschließenden Erz, und daß schließlich das Verhältnis zwischen Nickel, Kobalt und Kupfer in sehr engen Grenzen bleibt, was bei Annahme postvulkanischer Prozesse auffallend wäre.

Die ausgedehntesten Nickelmagnetkieslagerstätten der Welt befinden sich zu Sudbury, Ontario, Canada. Die geologischen Verhältnisse scheinen sehr interessant zu sein. In der Hauptsache ist auch hier der Erzgehalt gebunden an Norit von dioritischem Charakter, meist quarzführend, der nach den Beschreibungen der canadischen Geologen ganz allmählich in ein mikropegmatitisches Gestein übergehen soll, eine Formation, welche dem Huron eingelagert ist. An den äußeren Rändern der erwähnten Intrusion finden wir als Liegendes verschiedenartige Gesteine, bald vom Charakter der Gneise, bald sedimentärer Art, bald endlich Granit, dem die canadischen Geologen ein geringeres Alter zuschreiben.

Hier finden sich ähnlich wie in Norwegen als Randanhäufungen die hauptsächlichen Erzablagerungen, welche als marginal deposits bezeichnet werden. Sie verhalten sich zum Norit in derselben Weise, wie es bei den norwegischen Vorkommnissen geschildert wurde, und wenn sie in das liegende Gestein übersetzen, sind es ausschließlich Adern, welche öfter Bruchstücke des Nebengesteins umschließen. Außerdem gibt es noch eine Reihe isoliert stehender Erzkörper, als offset deposits bezeichnet, welche aber wiederum an kleine Noritausstriche geknüpft sind, die sich als Apophysen der Hauptintrusion darstellen. Letztere sind häufig zylinderförmig, gleichen aber in der Erzfüllung dem normalen Charakter dieser

Lagerstätten vollständig. Ein Platingehalt, der allenthalben in diesen Vorkommnissen vorhanden ist, wird in der Hauptsache auf das Mineral Sperrylith zurückgeführt. Alle diese Kiesanhäufungen sind unter sich in ihrem Charakter ungemein gleichmäßig, obwohl in ihrem Liegenden sehr verschiedene Gesteine auftreten. Und diese Erscheinung sowohl als auch die ständige Bindung an Norit hat die meisten Geologen veranlaßt, Vogts Theorie auch für diese Lagerstätten als zutreffend zu erklären.

In Pennsylvanien befindet sich eine Nickelmagnetkieslagerstätte zu Lancaster, die Gap Mine genannt. Das Erz, welches aus nickelhaltigem Magnetkies mit beigemengtem Kupferkies besteht, findet sich nach Kemp an der Grenze von Glimmerschiefer und Gneis und einem basischen Gestein, das fast ganz aus sekundärer grüner Hornblende zusammengesetzt ist. Obwohl die Umwandlung sehr vollständig ist, so kann man doch noch erkennen, daß die grüne Hornblende früher z. T. rhombischer Pyroxen, z. T. braune Hornblende oder Olivin war. Dazu kommt noch eine beträchtliche Menge rotbraunen Biotits und manchmal auch Plagioklas. Das linsenförmige Amphibolitmassiv zeigt eine Schieferung parallel der längeren Linsenachse, was man der Einwirkung des Gebirgsdruckes zuschreibt. Das Erz ist am massigsten am Kontakt, nimmt nach dem basischen Gestein zu immermehr Hornblende auf, bis in größerer oder kleinerer Entfernung taubes Gestein sich einstellt. Der Nickelgehalt beträgt ein bis drei Prozent, der an Kupfer $^1/_3$ bis $^1/_4$ und der an Kobalt $^1/_{20}$ Prozent.

Die Genesis der Erze dieser Lagerstätte ist, wie übrigens auch die der vorigen, strittig. Die einen wie Posepny und W. O. Crosby glauben, daß aufsteigende Lösungen die Kontaktstellen bevorzugten und hier das Erz ablagerten. Kemp dagegen erklärt die Herkunft derselben durch magmatische Differenzierung, indem er dieses Vorkommen mit jenem von Sudbury vergleicht und sich auf die gleichen Gründe stützt, die oben bei deren Besprechung angegeben sind.

In ähnlicher Weise gehen auch die Anschauungen über die Entstehung der Nickelmagnetkieslagerstätten an der oberen Spree beiderseits der sächsisch-böhmischen Grenze auseinander. Die auf der österreichischen Seite gelegene Lagerstätte am Schweiderich bei Schluckenau ist schon seit längerer Zeit bekannt; eingehender wurde sie von v. Foullon studiert, der eine sehr gründliche Untersuchung der Begleitgesteine veröffentlicht hat. Die bekannten basischen Gänge im Lausitzer Granit, welche im allgemeinen als Diabas bezeichnet werden, erkannte v. Foullon in diesem Gebiet als Lamprophyre. Sie sind die Hauptträger des Erzes, und ihre Zusammensetzung wechselt, wie es bei Lamprophyren häufig ist, in außerordentlich weiten Grenzen vom Charakter echter Diabase bis zu fast feldspatfreien Gesteinen. Das Nebengestein ist ein Granit, doch keineswegs der normale, gleichmäßig körnige des Massivs, sondern eine ausgesprochen porphyrische Bildung mit deutlich hervortretenden Einsprenglingen von Quarz und Feldspat, in welcher das Erz, wenn auch in geringerer Menge, so doch allenthalben verbreitet ist. Foullon stützt sich auf die beim Studium der canadischen Lagerstätte gewonnene Überzeugung von der magmatischen Ausscheidung der Erze aus basischem Eruptivgestein und nimmt die anormale Struktur des benachbarten Granits für einen Beweis dafür, daß der basische Gang jünger sei als der Granit selbst, indem durch dessen Umschmelzung beim Aufsteigen des Lamprophyrs seine Anomalien und die Imprägnation mit Erz entstanden sei. Es mag hier gleich darauf hingewiesen werden, daß Lamprophyrgänge in Granit zu den weitest verbreiteten Erscheinungen gehören, daß aber niemals Beobachtungen gemacht worden sind, welche auf analoge Veränderungen im granitischen Nebengestein hinweisen.

Auf der sächsischen Seite wurde die Lagerstätte um 1900 entdeckt und von Beck eingehender untersucht. Die Verhältnisse sind absolut dieselben wie sie Foullon geschildert hat, und wenn auch Beck an der Deutung der Gänge als Diabas festhält, so folgt aus seinen petrographischen Beschreibungen mit Sicherheit, daß auch hier das Erz an die lamprophyrischen Spaltungsprodukte des Granits gebunden ist. Es kann nun kein Zweifel sein, daß diese Lamprophyre jüngere Gänge im Granit darstellen. Ihr echt gangförmiges Auftreten und ihr echt lamprophyrischer Charakter sprechen mit voller Sicherheit dafür. Auch hier findet sich das Erz nicht nur im basischen Gestein, das allerdings dessen Hauptmasse enthält, sondern ebenso in dem deutlich porphyrischen Granit, der das Nebengestein derselben darstellt. Kurzum alle Verhältnisse sind genau übereinstimmend mit den von Foullon beschriebenen. Die bemerkenswerte Erscheinung, daß die erzführenden Lamprophyre ein derartiges porphyrisches Nebengestein von granitischer Zusammensetzung aufweisen, wird von Weinschenk nach dem Studium der Handstücke dadurch erklärt, daß diese porphyrischen Nebengesteine keineswegs die

Äquivalente des normalen Granites sind, sondern porphyrische Formen von Apliten, welche jünger als die Lamprophyre emporgedrungen sind, die Erze mitgebracht haben und, mit diesen die Lamprophyre imprägnierend, einen Teil des Erzmaterials in ihrer eigenen Masse zurückbehalten haben. Wenn auch diese Lagerstätte so im allgemeinen einen vom Normalen abweichenden Typus

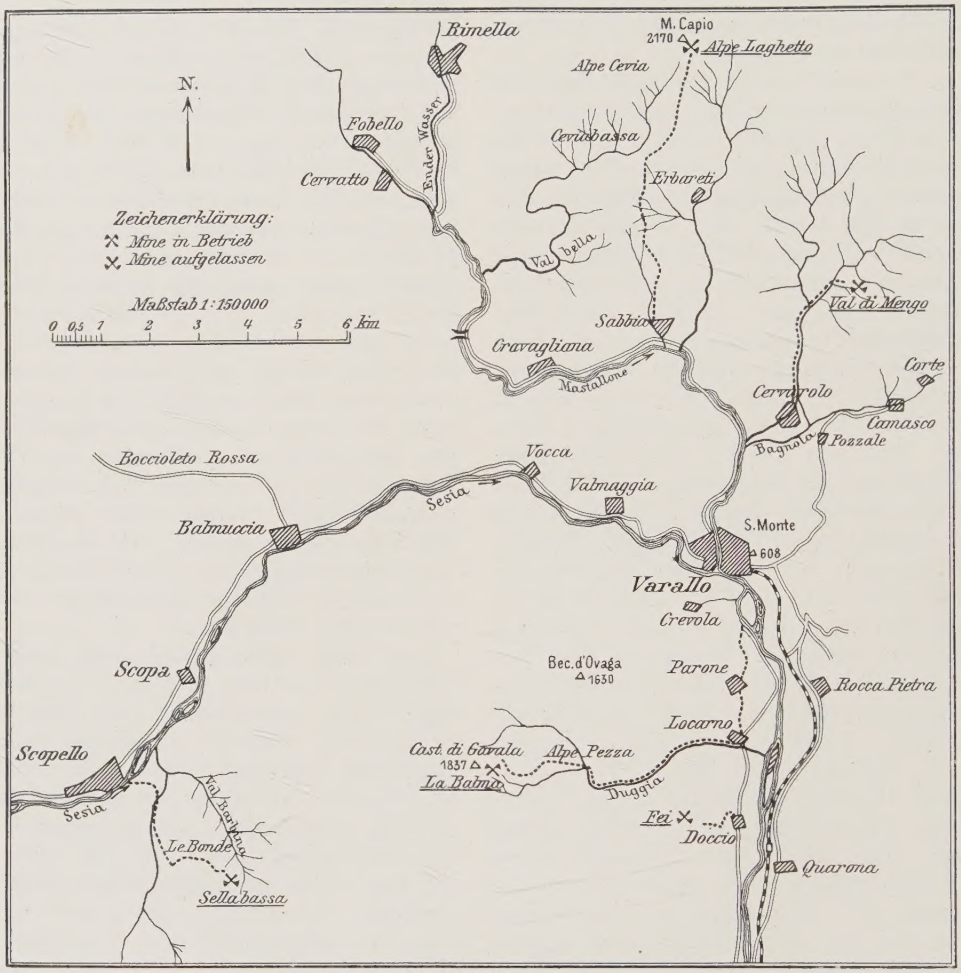

Fig. 20.

Karte der Umgebung von Varallo, Oberitalien.

aufweist, so sind es doch auch hier wieder basische Gesteine, welche hauptsächlich das Erz beherbergen.

Eine technisch weniger wichtige, weil seit Jahrzehnten aufgelassene Nickellagerstätte, die aber großes theoretisches Interesse hat, ist die von St. Blasien nördlich von Waldshut im südlichen Schwarzwald. Sie wurde aufs eingehendste von Weinschenk studiert. Die dort vorkommenden Erze sind dieselben wie in den bisher besprochenen Lagerstätten, und desgleichen ist ihr Auftreten an basische Putzen und Schollen gebunden, die im Schwarzwälder Granitmassiv eingebettet liegen. Das unmittelbare Nebengestein derselben ist ein gneisartiges Gestein, das sich durch teilweise Resorption der Schollen durch den Granit entwickelt hat. Die basischen Putzen werden gebildet zum Teil von einem Norit mit echter Gabbrostruktur, der chemisch aber ein saurer Diorit ist. Er besteht aus vorherrschendem Andesin, daneben aus Bronzit, Biotit und etwas brauner Hornblende, wozu sich noch Apatit, Titaneisen und Rutil gesellen. Ständig ist ein nicht unbedeutender Gehalt an Quarz.

An Stelle dieses verhältnismäßig kieselsäurereichen Gesteins, welches in allen petrographischen Eigenschaften mit jenem der canadischen Lagerstätten gut übereinstimmt, tritt lokal, z. B. bei Horbach, ein echter und stets völlig quarzfreier Hornblendegabbro auf, aus Labrador, grüner primärer Hornblende, Titaneisen, etwas Granat und Apatit bestehend. Dazu kommen noch basischere Ge-

steine, die fast feldspatfrei werden.[6] In allen Fällen gilt als Regel, daß diese Gesteine kein verwertbares Erz führen, soweit sie frisch sind. Erst mit beginnender Umwandlung, die sich als Uralitisierung, Saussuritisierung und Serpentinisierung kundgibt, tritt das Erz ein und ist am reichsten in den am stärksten umgewandelten Partien. Es mag auch darauf hingewiesen werden, daß lokal das Erz ganz in Quarzinfiltrationen eingebettet ist, welche allerdings meist erst u. d. M. als solche erkennbar sind, und daß die erzführenden Teile stets Graphit enthalten. Besonders bemerkenswert ist auch, daß in den serpentinisierten Gesteinen der Erzgehalt oft der Maschenstruktur des Serpentins folgt.

Da die umgebenden Granitmassen überall aplitische und pegmatitische Injektionen in die basischen Putzen entsenden, so ist ein Zweifel daran ausgeschlossen, daß letztere die älteren Bildungen sind. Da nun sowohl die Grünsteine als auch die sie durchziehenden Aplite kieshaltig sind, kommt Weinschenk zu dem Ergebnis, daß hier nicht magmatische Spaltung die Ursache der Erzführung sei, sondern daß es sich „um Kontaktlagerstätten handelt, deren Agenzien dem granitisch-aplitischen Schmelzfluß entstammen".

Aus diesen Erörterungen ergeben sich die hauptsächlichen Gesichtspunkte, welche für die Betrachtung der piemontesischen Lagerstätten in Frage kommen: die magmatische Ausscheidung aus einem basischen Intrusivgestein auf der einen, die spätere Zuführung im Gefolge granitischer Intrusionen auf der anderen Seite.

Der eigentlichen Besprechung der Erzvorkommnisse muß jedoch eine kurze Zusammenfassung der geologischen Verhältnisse in der Umgebung von Varallo vorausgeschickt werden. (Vgl. die Übersichtskarte Fig. 20).

Die Vorkommnisse nickelhaltigen Magnetkieses, welche aus den piemontesischen Alpen bekannt sind, schließen sich der sogenannten Ivreazone der italienischen Geologen an. Diese ist ein von SW nach NO verlaufender Streifen meist basischer Gesteine, der sich von Ivrea an der Dora Baltea bis gegen Locarno am Lago Maggiore erstreckt. Seine Länge beträgt an die 100 km bei einer durchschnittlichen Breite von etwa 10 km. Diese Zone liegt zwischen zwei Gneisgürteln, von denen der östliche von den Geologen als Stronagneis, der westliche als Sesiagneis bezeichnet wird, beides Gesteine von wechselnder Zusammensetzung. Beide Bänder sind durch Einlagerungen von Glimmerschiefern, Amphiboliten und Kalken unterbrochen, welche z. T. recht charakteristische Gesteine darstellen.

In diesen tritt beim Stronagneis hauptsächlich der Charakter normaler Kontaktmetamorphose hervor, indem sowohl im Mineralbestand als auch in der Struktur die gewöhnlichen Erscheinungen echter Kontaktgesteine beobachtet werden können; zumal in dem am direkten Kontakt mit der Ivreazone lokal nicht unbedeutenden Gehalt an Sillimanit und Cordierit, welche Artini und Melzi erwähnen, sind besonders deutliche Beweise dafür gegeben. Die Bezeichnung der einzelnen Einlagerungen braucht hier nicht eingehender erörtert zu werden; die Hauptsache ist, daß es sich sowohl nach den Beschreibungen des Gebietes als auch nach meinen eigenen Beobachtungen um zweifellos injizierte Schiefer handelt, in denen außerdem noch einzelne wohl ausgebildete Granitstöcke auftreten.

Dagegen zeigt der Sesiagneis vielmehr den Charakter des Zentralgranits und seiner Kontaktprodukte: Die Einlagerungen, welche hier auftreten, weisen nicht die normalen Kontaktmineralien auf, die oben erwähnt sind, wenn auch der Granat dieser Zone keineswegs fremd ist. Bald massig, bald schiefrig entwickelt mit deutlicher Kataklasstruktur und wechselnden Mengen von Quarz und Feldspat zeigt diese Zone den Charakter der Gneisglimmerschiefer, welche Weinschenk aus dem Gebiet des Großvenedigers beschreibt. Auch Gerlach rechnet die massigen Ausbildungen des Sesiagneises den Protoginen des Zentralmassivs zu.

Zwischen diesen beiden voneinander etwas abweichenden Bändern von Gneis liegt eine ungemein mannigfaltig zusammengesetzte Zone meist basischer Eruptivgesteine, die sogenannte Ivreazone. Es handelt sich dabei um Gesteine, welche zwischen verhältnismäßig kieselsäurereichen Noriten und hochbasischen Peridotiten wechseln. Die große Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Gesteine scheint auf die leichte Spaltbarkeit des basischen Magmas zurückzuführen zu sein. Die einzelnen Glieder, meist wenig scharf voneinander getrennt, auch in sich durch gebänderte Beschaffenheit ausgezeichnet, sind durch Übergänge miteinander verbunden, und es ist kaum anzunehmen, daß es sich hier um eine Reihe verschiedenalteriger Intrusionen handelt, sondern vielmehr um ein in seinem inneren Wesen zusammengehöriges Gesteinsmassiv.

Doch sind auch über die Auffassung dieser Verhältnisse innerhalb der Ivreazone selbst die Meinungen geteilt. Während van Horn die Gesteine speziell in der Um-

gebung von Ivrea als durch magmatische Spaltung hervorgegangene Modifikationen eines und desselben Magmas betrachtet, kommt Schäfer zu der Annahme, daß namentlich die basischen Glieder der Reihe, wie sie auch die Träger des Erzes sind, soweit sie sich gangförmig zeigen, jüngere Nachschübe darstellen, die die älteren feldspatreicheren Bildungen durchbrochen haben. Infolge der Eigentümlichkeit der Zusammensetzung hat man das Gestein dieser basischen Schlieren oder Gänge von Enstatitamphibolpikriten mit dem Namen der Valbellite*) belegt. Diese basischsten Gesteine der Reihe, wie sie namentlich in der weiteren Umgebung von Varallo, speziell als Muttergestein der hier zu beschreibenden Lagerstätten, auftreten, sind Peridotite, meist mit recht wohl erhaltenem Olivin, manchmal auch etwas serpentinisiert und stets mit einem Gehalt an verschiedenen Pyroxenen und brauner Hornblende, wie schon Stelzner nach den wenigen Handstücken, die ihm vorlagen, erkannt hat.

Diese feldspatfreien Gesteine gehen über in basische Gabbrogesteine, hauptsächlich aus Labrador und Diallag zusammengesetzt, oder noch häufiger in gebänderten Hornblendegabbro mit brauner oder grüner Hornblende und einem dem Bytownit nahestehenden Plagioklas. Der in den Peridotiten häufig akzessorische Spinell von brauner oder grüner Farbe tritt hier zurück; statt dessen scheint Magneteisen einzutreten. Granat ist ein nicht seltener Gemengteil, oft so reichlich, daß die Farbe des Gesteins einen rötlichen Ton annimmt. Manche dieser feldspatführenden Bildungen sind auch olivinhaltig. In anderen Gliedern derselben herrscht der rhombische Pyroxen vor den monoklinen vor und tritt offenbar an Stelle der Hornblende ein.

Andere Gesteinstypen werden kieselsäurereicher. Schon äußerlich von dioritischem Charakter, führen sie Andesin als Feldspat neben Biotit und sind oft quarz- und etwas orthoklashaltig. Die Übergänge von diesen zum oben geschilderten Gabbro sind meist echte Norite. Stellenweise, namentlich im Hornblendegabbro, ist die Bänderstruktur besonders hervortretend (Fig. 21), so daß diese Bildungen einen direkt schichtigen Charakter annehmen, ohne gleichzeitig eigentlich schiefrig zu werden. Dagegen treten an den Grenzen gegen die Gneisgürtel auch echte schiefrige Ausbildungsformen hervor.

Die magmatischen Spaltungsprozesse, welche auf der einen Seite zur Bildung hochbasischer Gesteine vom Charakter der „Valbellite“ geführt haben, liefern auf der anderen Bildungen, die von Bisilikaten fast oder ganz frei sind und z. T. echte Labradorfelse darstellen oder aber durch Aufnahme von Quarz und Orthoklas bzw. Mikroklin in Gesteine übergehen, die man etwa mit den Perthitophyren in Zusammenhang bringen kann. Diese letztere Gesteinsgruppe hat von

Fig. 21.
Gebänderter Hornblendegabbro aus dem Val di Mengo bei Varallo-Sesia.

Artini und Melzi den im übrigen unnötigen Namen Stronalit bekommen. Im ganzen sind das Erscheinungen, wie man sie an ausgedehnten Gabbrogebieten, zumal wenn Hornblendegabbro das herrschende Gestein ist, allenthalben beobachten kann, wenn sie auch nicht überall mit derselben Klarheit und Deutlichkeit vor Augen treten. Jedenfalls liegt es nicht im Interesse der petrographischen Systematik, jedes einzelne dieser Spaltungsprodukte für sich als eine selbständige Art anzusehen, und so wird auch im folgenden von den Spezialnamen, die hierfür aufgestellt worden sind, abgesehen werden müssen.

Was die gegenseitigen Altersbeziehungen der Gneise und dieser basischen Gesteine betrifft, so sind ausschlaggebende Beobachtungen außerordentlich schwierig, da der Kontakt nur ganz ausnahmsweise deutlich enthüllt ist. Artini und Melzi beschreiben aus der Umgebung von Varallo einige unzweifelhafte Kontaktstellen, speziell in nächster

*) Ganz derselbe Gesteinstypus hat überhaupt schon mannigfaltige Namen bekommen: so bezeichnet Sauer diese Gesteine in den Nickelmagnetkieslagerstätten als Badenit, während Duparc für uralische Vorkommnisse den Namen Koswit aufgestellt hat.

Nähe am Sacro Monte, bei Crevola und bei Pozzale im Val Bagnola. In den Randzonen scheint nach diesen Autoren das Gestein der Ivreazone besonders ausgesprochen dioritischen Charakter zu tragen, und der Gneis führt an der Kontaktgrenze reichlich Granat und Cordierit, ja er geht in eigentlich sillimanitführende Cordierithornfelse über. Der Schluß, den die erwähnten Autoren aus diesen Verhältnissen ziehen, daß die Ivreazone als jüngere Eruptivmasse den Gneis durchbrochen hätte, läßt sich mit ebenso gutem Recht auch in entgegengesetztem Sinne auffassen.

Das Auftreten der Kontaktmineralien allein weist ja mit ziemlicher Sicherheit darauf hin, daß hier kontaktmetamorphosierende Kräfte gewirkt haben. Daß aber aus einem Gestein vom normalen Typus des Stronagneises, welcher in der Hauptsache granitisches Material darstellt, plötzlich durch die Einwirkung des basischen Eruptivgesteines derartige Hornfelse entstanden wären, die man im allgemeinen nur als Umwandlungsprodukte echter Sedimente kennt, ist wohl nicht wahrscheinlich, und diese cordieritreichen Einlagerungen sind auf keinen Fall normale Umbildungen des Stronagneises selbst, sondern Einlagerungen von abweichender Zusammensetzung, deren Metamorphose ebensogut der Wirkung des granitischen Anteils am Stronagneis zugeschrieben werden kann als irgendeiner anderen vulkanischen Aktion, so daß es mehr als Zufall denn als Folge des Kontaktes erscheint, wenn derartige Bildungen gerade an der Grenze gegen die Ivreazone beobachtet werden. Als Beweismittel in der einen oder anderen Richtung sind diese Vorkommnisse zweifellos nicht zu verwenden.

Auch die Bänke und Linsen von Amphibolit im benachbarten Gneis, welche deutlich erkennbar sind, können sowohl losgerissene Schollen der basischen Gesteine sein als Apophysen, als welche sie Artini und Melzi auffassen.

Auch ich persönlich habe bei meinen Untersuchungen an Ort und Stelle keinen sicheren Beweis weder in der einen noch in der anderen Richtung auffinden können. Ebenso geben die petrographischen Untersuchungen in Beziehung auf die Altersverhältnisse der in Betracht kommenden Gesteine wenig Aufschluß. Wenn auch umgewandelte Bildungen in der Ivreazone durchaus nicht selten sind, und weitgehende Saussuritisierung und Uralitisierung die Gesteine hin und wieder betroffen hat, so zeigen sie doch an anderen Stellen so ausgesprochen den frischen Charakter des ursprünglichen Eruptivgesteins, wie man es in kontaktmetamorph umgewandelten Bildungen nicht erwarten sollte. Es mag in diesem Zusammenhang auf die analogen Beobachtungen in den canadischen Nickelmagnetkieslagerstätten hingewiesen werden, ebenso wie auf die vollständig frische Beschaffenheit gewisser Vorkommnisse der Schwarzwälder Lagerstätte, die trotzdem in deutlichster Weise die Intrusion des Granits aufweisen. Die frische Beschaffenheit einzelner dieser Gesteine kann somit nicht als einfacher Beweis für ihre jüngere Entstehung gelten.

Innerhalb dieser eigenartigen Gesteinszone finden sich an zahlreichen Stellen Erzkonzentrationen vorherrschend sulfidischen Charakters, welche sich nicht selten zu technisch nutzbaren Lagerstätten von wechselnder Bedeutung gestalten. Die Zahl der Erzvorkommnisse, die sich auf dem Streifen von Ivrea bis zum Lago Maggiore befinden, ist sehr bedeutend, und es ist an zahlreichen derselben der Versuch gemacht worden, sie bergmännisch auszubeuten. Nur wenige von ihnen, und auch diese meist nur kurze Zeit, haben sich als ertragreich erwiesen, und von diesen befindet sich die Mehrzahl in der Umgebung von Varallo. Wenn man aber die Gruppe dieser Lagerstätten in ihren genetischen Beziehungen näher studieren will, so genügt es wohl kaum, die technisch nutzbaren Vorkommnisse allein zu betrachten, sondern man muß ebenso jene in den Bereich der Untersuchungen ziehen, die für den Bergmann wertlos sind.

Die sulfidischen Lagerstätten, welche hierher gehören, charakterisieren sich nun besonders dadurch, daß ihre Erzführung bei gleichartigen geologischen Verhältnissen außerordentlich verschieden sein kann. Einzelne der Vorkommnisse stellen ziemlich reiche Lagerstätten von Nickelmagnetkies dar, in denen ein ungewöhnlich hoher Kobaltgehalt eine auffällige Erscheinung ist. In anderen gleichfalls nickelhaltigen Bildungen solcher Art geht dieser sehr zurück, in wieder anderen tritt ein hoher Gehalt an Kupferkies hervor. Und schließlich wird unter Zurücktreten des Nickelerzes der Hauptwert der Lagerstätten im Kupfer gesucht.

Wenn man die bergmännisch nicht aufgeschlossenen Vorkommnisse hereinzieht, so werden die Verhältnisse noch mannigfaltiger. Es sind in der Tat innerhalb dieser Gesteinszone zahlreiche und manchmal ziemlich mächtige Magnetkieslager vorhanden, von denen aber nur ein geringer Teil in Betrieb genommen werden konnte, weil in den übrigen der den Wert des Erzes bedingende Nickelgehalt zu gering ist oder auch ganz fehlt. Es mag dies für unsere Lagerstätten deshalb besonders hervorgehoben werden, weil Vogt einen hauptsächlichen Beweis für die Ent-

stehung der norwegischen Erze durch magmatische Spaltung in deren ungemein gleichmäßigem Mischungsverhältnis sucht. Hier für Varallo kann man das Gegenteil angeben.

Eine große Anzahl von Lokalitäten mit technisch verwertbarem Nickelmagnetkies findet man in der Literatur speziell aus der Umgebung von Varallo angegeben. Indessen sind die Aufschlüsse, welche früher, vor den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, vielleicht in größerem Maße vorhanden waren, heute nur an wenigen Stellen deutlich erkennbar, und trotz eifrigen Suchens gelang es dem Verfasser, ausschließlich fünf der Vorkommnisse aufzufinden, während von den übrigen auch die Einheimischen keine Kenntnis mehr zu haben scheinen. Dabei mag allerdings bemerkt werden, daß meistens mehrere der in der Literatur nebeneinander aufgeführten Namen sich auf eine und dieselbe Grube beziehen, und so die große Anzahl der in den Lehrbüchern angegebenen Fundorte sich immerhin bedeutend reduzieren dürfte.

Die von mir besuchten Vorkommnisse mögen einzeln beschrieben werden: als erste die unter dem Namen Cevia- oder Laghettomine aufgeführte, welche besser die letztere Bezeichnung erhält, da sie unmittelbar an der Alpe Laghetto und ziemlich entfernt von der Alpe Cevia liegt. Der Bergbau hat vier Stollen getrieben an verschiedenen Stellen des Südabhangs des Monte Capio, von denen drei noch zugänglich sind, während der vierte ersoffen ist. Die noch offenen Stollen nehmen, sowie sie das Erz erreichen, fast genau NS-Richtung, an und es dürfte daher die Erzmasse in der Hauptsache dieses Streichen besitzen.

Die Umgebung der Lagerstätte zeigt vorherrschend ein Gestein von mittlerem Korn und grauer Farbe, welches als Gabbro zu bezeichnen ist. Es besteht hauptsächlich aus Labradorbytownit in unregelmäßigen ziemlich großen Körnern, die von zahlreichen saussuritartigen Schnüren durchzogen werden. Daneben findet sich typischer Diallag und ein im Dünnschliff fast farbloser rhombischer Pyroxen. Eine braune Hornblende, von blaßgelblich zu gelblichbraun pleochroïtisch, bildet die letzte Ausfüllmasse des Gesteins. Akzessorisch findet sich darin Magnetkies in gerundeten Körnern.

Dieses Gestein ist im allgemeinen nicht das Muttergestein der Erze, sondern wird gegen die erzführenden Teile zu ausgesprochen melanokrat. Makroskopisch ist dann der lichtere und dunklere Teil scharf voneinander unterschieden, u. d. M. aber ist die Grenze sehr undeutlich. Vorherrschend wird die dunklere Farbe durch Aufnahme immer größerer Mengen brauner Hornblende bedingt, neben welcher sich der etwas angegriffene Plagioklas in geringen Mengen findet, und der rhombische Pyroxen auf Kosten des monoklinen zunehmend, nun den kräftigen Pleochroismus des Hypersthens zeigt. Auch hier ist der Erzgehalt Magnetkies in gerundeten Körnern. Diese basischen Schlieren sind außerordentlich mannigfaltig zusammengesetzt. Putzen von Feldspat wechseln mit Partien, die fast ausschließlich aus Bisilikaten bestehen. Olivin stellt sich in Menge, ein und lokal kann der Feldspat ganz zurücktreten.

Schließlich entstehen vorherrschend aus Olivin bestehende Amphibolpikorite, zwischen dessen Körnern sich wieder die braune Hornblende als letzte Füllmasse findet, und außerdem Spinell in braunen, grünbraunen oder grünen Körnern stets vorhanden ist. Der Olivin ist an den Rändern und auf den Sprüngen häufig serpentinisiert; dann sieht man anscheinend infiltrierte Erzteile in ziemlicher Menge, welche aber zweifellos oxydischen Charakter an sich tragen und nach den qualitativen Proben titanfreie Eisenoxydverbindungen sind. Es ist bemerkenswert, daß die in Form von Äderchen und Schnüren reichlich im Gestein auftretenden Erze stets diesen oxydischen Charakter zeigen, wobei ihre Menge so groß ist, daß sie unmöglich aus dem Eisengehalt des ursprünglichen Olivins abgeleitet werden kann. Dagegen bildet der Magnetkies gerundete Körner und größere Putzen, während im allgemeinen Gangform an ihm nicht beobachtet werden konnte. In welcher Weise sich diese reichlichen Infiltrationen oxydischen Erzes erklären, scheint zweifelhaft. Sie aus einer Umwandlung eines ursprünglichen Sulfides bei der Serpentinisierung abzuleiten, verbietet wohl der Mangel an Nickel und Kobalt, welcher sich bei der Lötrohrprobe ergab.

Das Haupterz dieser Grube ist derber Magnetkies mit sehr wenig Kupferkies, häufig mit gerundeten Einschlüssen von größeren oder geringeren Dimensionen, die aus den Bestandteilen der basischen Putzen zusammengesetzt sind.

Es mag noch erwähnt werden, daß im Norden der Grube ein Gestein in schmalen Gängen in stark verruschelter Umgebung aufgefunden wurde, weches fast ausschließlich aus Biotit und etwas grünem Spinell besteht. Seine Beziehungen zum Erz sind unbekannt.

Die Laghettomine gehörte in den 1870er Jahren dem König von Sachsen. Sie lieferte jährlich 800 t Erz, das man in der Sesiahütte bei Varallo zu Rohstein verarbeitete.

Diesen schickte man nach Oberschlemma in Sachsen, wo man metallisches Nickel und Kobaltfarben gewann. Die mittlere Zusammensetzung des Erzes, dessen Höchstnickelgehalt vier bis fünf Proz. betragen kann, ist nach Badoureau folgende:

Gestein	50,00 Proz.	Ni	1,20 Proz.	Co	1,00 Proz.
S	28,00 „	Cu	0,50 „	Fe	20,00 „

Als nächste Grube sei die von Sella bassa genannt. Sie liegt in der Luftlinie ungefähr 4 km südlich von Scopello, einem Orte im Val Sesia, 15 km westlich von Varallo, am Höhengrat zwischen dem ungemein steil eingerissenen Val Barbina und einem Tale, das direkt südlich von Scopello ins Gebirge geht. Der Weg von Scopello führt über die Alpe le Bonde[1]) bis auf den Grat hinauf, wo noch eine hölzerne Hütte das einstige Vorhandensein eines Erzlagerplatzes verrät. Die Mine selbst liegt noch ca. 300 m weiter südlich auf der Ostseite des Gehänges. Der alte gute Minenweg ist fast bis zur Unwegsamkeit mit Gestrüpp verwachsen. Die Grube stellt einen einzigen Berganbruch dar, der in einer Richtung von S-10°-O auf ca. 50 m in den Berg gebracht ist. Dabei wurde bei einer Mächtigkeit von 2—5 m die scheinbar gangförmige Lagerstätte bis 25—30 m abgeteuft. Da schon lange kein Bergbau mehr umgeht, ist alles stark der Verwitterung anheimgefallen.

Das Hauptgestein dieses Gebietes ist jenem von der Laghettomine sehr ähnlich, wieder ein Gabbro, vielleicht etwas eisenreicher: der rhombische Pyroxen hat mehr den Charakter des Hypersthens, und braune Hornblende ist ziemlich reichlich. Erz findet sich bald als Sulfid, bald als Oxyd.

Auch hier entwickeln sich durch Zurücktreten des Feldspats vorherschend aus Pyroxen und Hornblende bestehende Gesteine, die z. T. noch erzfrei sind und schließlich das Muttergestein der Erze bilden. Kommt Feldspat in geringer Menge herein, so ist er meist ganz zersetzt und bildet ein Aggregat glimmerartiger Mineralien. Auch der Pyroxen ist dann fast völlig zerstört. Nur die Hornblende hat merkwürdig stark Widerstand geleistet und sich ziemlich gut erhalten. Die in solchen stark zersetzten Gesteinen auftretenden Erze sind im reflektierten Licht schwarz und von zweifellos oxydischem Charakter. Ist die Zersetzung nicht so weit vorgeschritten, so kann man auch Magnetkies, umgeben von fein verteiltem oxydischen Erz, beobachten. Der derbe Magnetkies selbst enthält gegen den Rand der Lagerstätte noch viel Gestein, das aus stark verändertem Feldspat, grünlichbrauner Hornblende, etwas Diallag und Hypersthen besteht, wobei letzterer öfters vorherrscht. Die Hornblende hat sich auch hier viel besser erhalten als die anderen Mineralien. Der Feldspat ist in ein dichtes Gemenge von Klinozoisit und Glimmer umgewandelt. Der Magnetkies zeigt sich hier in größeren gerundeten Partien, doch kann man auch Adern von sulfidischem Erz, gleichsam als Infiltration in die feinsten Sprünge und Risse der übrigen Bestandteile sehen. Dabei ist das Gestein in deren Nähe oft völlig unangegriffen. Gegen das Innere der Erzmasse zu treten diese Gesteinsstücke immer mehr zurück, bis schließlich das Erz ziemlich reine, dichte, größere Putzen bildet, die eine gelblichgraue ins Silbergraue gehende Farbe besitzen. Kupferkies läßt sich, bald in gröberer, bald in feinerer Verteilung, meist an jedem Erzstück nachweisen.

Bemerkenswert an den Gesteinen dieser Grube ist die Erscheinung, daß nirgends Olivin oder Spinell wie bei Laghetto zu beobachten sind.

Infolge der geringeren Verunreinigung des Erzes war die Ausbeute in dieser Mine ergiebiger als bei Laghetto. Sie betrug jährlich an die 2000 t Erz. Dieses wurde gleich in der Hütte zu Scopello auf reines Nickel und rohes Kobaltoxyd verarbeitet. Das Erz zeigt einen etwas höheren Nickelgehalt und hat nach Badoureau folgende mittlere Zusammensetzung:

Gestein	50,00 Proz.	Ni	1,44 Proz.	Co	0,36 Proz.
S	28,00 -	Cu	0,72 -	Fe	20,00 -

Diese beiden Erzvorkommnisse liegen einige km weit entfernt von der Grenze der Ivreazone gegen den Sesiagneis, keineswegs an der unmittelbaren Grenze der beiden Gesteinstypen selbst, wie öfters angegeben wird, und in den Gruben sind ausschließlich die basischen Gesteine der Ivreazone aufgeschlossen, während vom Gneis hier keine Spur zu beobachten ist.

Fast in der Mitte der Ivreazone liegt eine dritte Grube mit nickelhaltigem Magnetkies, welche den Namen La Balma (auch Parone, Locarno etc.) führt. Man gelangt zu ihr, indem man sich von Locarno-Sesia, das ca. 5 km südlich von Varallo liegt, westwärts wendet, das Tal der Duggia hinauf verfolgend; letztere überschreitet man etwas unterhalb der Alpe Pezza und beginnt den Anstieg gegen den steilen Abhang des Castellone di Gavala. An dessen Ostabhang liegt in einem großen Wasserriß die Mine in einer Höhe von ungefähr 1600 m.

[1]) Alle hier angeführten Ortsbezeichnungen werden in der Literatur hin u. wieder als Namen dieser einen Grube verwendet.

Bei meinem Besuch arbeiteten seit einigen Monaten vier Arbeiter, um das Erz durch einen Querschlag an einer tieferen Stelle aufzusuchen. Die alten Baue liegen ca. 30 m höher; sie sind vor über dreißig Jahren verlassen worden, wie die Leute mir erzählten. Die Zechenhäuser und Schuppen sind denn auch ganz ruinös und zerfallen. Die ader- oder schlierenartige Erzmasse streicht N-60°-W. Ihre Mächtigkeit scheint sehr zu wechseln; obwohl die Verhältnisse nicht leicht zu überblicken sind, mag sie doch ohne großen Fehler auf 1—2 m im Durchschnitt angegeben werden. Der oberste Stollen ist auf 34 m ausgelängt; er überfuhr die zuerst angeschlagene Ader in der Hoffnung, eine neue anzutreffen, was sich aber als trügerisch erwies. Ein anderer, 10—15 m langer Gang ist verschüttet. 18 m davon trifft man wieder einen kurzen, stollenartigen Berganbruch, der sich am Mundloch mächtig weitet, da hier das Erz ursprünglich mehr in die Höhe und Breite ging. Dieses mächtige Ausstreichen mag auch wohl die Ursache gewesen sein, weshalb man hier mit großen, aber, wie es scheint, mit trügerischen Hoffnungen an die Arbeit ging.

Das Nebengestein der Lagerstätte setzt sich aus basischem Plagioklos — Labrador und Labradorbytownit — und brauner Hornblende zusammen. Daneben fehlt aber Diallag und Hypersthen keineswegs. Oxydisches Erz findet sich in zahlreichen gerundeten Körnern. Entsprechend dem hohen Feldspatgehalt geht die Farbe des mittelkörnigen Gesteins ziemlich ins Hellgraue. Große Individuen von Hornblende glänzen mit ihren Spaltflächen auffällig heraus.

Gegen die Erzmasse zu nimmt das Gestein auch hier melanokraten Charakter an; es enthält noch reichlich Feldspat, aber braune, wenig pleochroitische Hornblende bildet hier den Hauptbestandteil. Daneben findet sich Augit, oft zersetzt, aber an den frisch gebliebenen Stücken noch als Diallag bestimmbar. Als weiteres farbiges Mineral tritt auch Biotit in Form unregelmäßiger Fetzen auf, an deren Rändern sich öfter Erz angesetzt hat. Letzteres ist teils oxydisch, teils sulfidisch, ohne daß Beziehungen zwischen beiden zu bemerken wären. Der Magnetkies kommt auch in feinste Flitterchen aufgelöst über das ganze Gestein verbreitet vor.

Einzelne der hier gesammelten Gesteine weisen auf starke tektonische Vorgänge hin, man kann sie als eigentliche Mylonite bezeichnen. Ohne daß die einzelnen Bestandteile zersetzt sind, stellt das Ganze ein Gereibsel dar, dessen Korngröße oft so gering ist, daß die Natur der Mineralien nicht mehr bestimmbar erscheint. Feldspatfetzen, Hornblende-, Augit- und Olivintrümmer sind durcheinandergemengt. Dabei wird das Gestein von noch dichteren, mikroskopisch nicht mehr auflösbaren Adern durchzogen, die durch besonders energische Reibung und Schiebung entstanden sind.

Das eigentliche erzführende Gestein besteht meist aus Olivin, der gewöhnlich zum großen Teil in Serpentin umgewandelt ist. Dazu kommt noch Diallag, der auch überall Anzeichen beginnender Zersetzung erkennen läßt, ferner grüner Spinell. Feiner verteilt in den zersetzten Partien scheint wiederum oxydisches Erz vorzuherrschen, während die Putzen zweifellos Magnetkies sind. Kupferkies findet sich auch nicht selten, besonders an tektonisch beeinflußten Stellen. Dort bildet er fast das ausschließliche Erz.

Die Mine, deren Besprechung hier angereiht werden soll, ist besonders dadurch interessant, daß die genetischen Beziehungen etwas klarer liegen. Sie befindet sich im Val di Mengo, NNO von Cervarolo, einem Orte 5 km nördlich von Varallo. Hier scheint ein ziemlicher Bergbau betrieben worden zu sein. Der Stollen geht an der Westseite des Tales zutage. Ungefähr 8 m von der Stollenmündung entfernt zweigt links in S 10° O eine Strecke ab, die ca. 50 m lang ist. Rechts biegt die Fortsetzung der ersteren Streichrichtung von S 50° W allmählig in N 30° W um. Die durchschnittliche Mächtigkeit beträgt 2 m. Die Stollenmündung liegt 30 m über der Alpe Val di Mengo. 10 m über dem genannten Stollen ist noch ein anderer, der aber keine so bedeutenden Dimensionen aufweist. An der Ausmündung des Talkessels liegt ein jetzt in Trümmer zerfallener, mächtiger Röstofen.

Das Hauptgestein in diesem Teil des Gebietes ist ein gebänderter Hornblendegabbro; die Scheidung der einzelnen Bänder zeigt sich besonders deutlich an den abgerollten Blöcken, welche der benachbarte Wildbach führt. Das Gestein besteht aus Feldspat vom ungefähren Charakter des Labradors, der aber meist stark saussuritisiert ist, wobei manchmal ziemlich grobkörniger Klinozoisit entsteht. Dazu kommt fast ausschließlich braungrüne Hornblende. Augit scheint ganz zu fehlen. Von Akzessorien tritt viel Titanit hinzu, der sehr häufig einen Kern von Titaneisen umschließt.

Mit der Annäherung an die Erzmasse kommt auch Diallag in ziemlicher Menge herein. Er ist zum Teil in grüne Hornblende umgewandelt, so daß der Gedanke naheliegt, auch im Hauptgestein möchte viel Hornblende

einen derartigen Ursprung haben. Titanit ist überall massenhaft vorhanden. Dann erscheint plötzlich stark kataklastischer Quarz in ziemlich großen deutlichen Linsen und Adern, um so mehr, je mehr man sich dem Erz nähert. Im Dünnschiff erscheinen einzelne Partien des Erzes von Klinozoisit umhüllt, aber auch der manchmal völlig zertrümmerte Quarz läßt gewöhnlich einen Gehalt an Magnetkies deutlich erkennen, und es scheint manchmal, als ob mit dem Anwachsen des letzteren auch die Menge des ersteren zunehmen würde. Der Quarz ist sicher sekundär. Darauf weist die Art des Auftretens dieses Minerals in dem so basischen Eruptivgestein hin, das noch dazu bei seiner Gegenwart stets stark zersetzt ist.

In den besten Erzen kommt als Verunreinigung ein Gemenge von Diallag und Granat vor, welches im Dünnschliff den Eindruck macht, als wäre der Granat aus dem Pyroxen hervorgegangen. Das einemal hat ein Diallagindividuum nur einige unbedeutende Flecken von Granat, das andere Mal ist der Pyroxen fast ganz durch dieses Mineral aufgezehrt. Auch Umwandlung in grüne Hornblende ist nicht allzuselten. Feldspat läßt sich nur in äußerst spärlicher Menge sehen. Das Erz sitzt mit besonderer Vorliebe im Granat, über den es meist netzförmig verbreitet ist; außerdem bildet es aber auch größere Putzen. Ferner finden sich Stücke besonders am Salband des Baues, an denen man sieht, wie von einem größeren Erzeinschluß zahlreiche immer feiner werdende Adern und Gängchen in das Gestein ausstrahlen und dort verlaufen. Ähnliches kann man auch an den benachbarten Partien des lichten Hornblendegabbros erkennen. Oxydisches Erz scheint hier ganz zu fehlen.

Die letzte und unbedeutendste Mine, die wohl nicht über das Stadium eines Versuchsbaues hinausgelangt ist, befindet sich in Höhe von 800 m bei Fei, einem Bergdorf oberhalb Doccio. Letzterer Ort liegt im Sesiatale 8 km südlich von Varallo. Es handelt sich um einen alten Stollen, der in N 70° O in den Berg geht. Die Verbolzung war jedoch so durchgefault und durchgebrochen, daß eine Begehung nicht ratsam erschien. Die kleinen Halden vor dem Mundloch ließen nur eine beschränkte Auswahl von Handstücken zu.

Der hier vorliegende Anbruch darf kaum mehr in das Gebiet der eigentlichen Ivreazone gerechnet werden; er liegt vielmehr innerhalb des Gürtels von Stronagneis, welcher hier einen Putzen amphibolitischen Gesteins von eigentümlichem Charakter zu umschließen scheint, so daß dieses von der Hauptmasse isolierte, untergeordnete Vorkommen etwa mit den offset deposits der Canadier übereinstimmt.

Die Gesteine haben hier einen so anormalen Charakter, daß man keinen passenden Namen dafür zu finden vermag, z. T. sind sie dem mehrfach besprochenen Hornblendegabbro ähnlich, indem sie neben einem sehr basischen Plagioklas hauptsächlich grüne Hornblende führen. Erz, und zwar Magnetkies, ist bald in größerer, bald in geringerer Quantität vorhanden. Meist handelt es sich um Gesteine die starken mechanischen und chemischen Einflüssen ausgesetzt waren. Darauf weist besonders die weit verbreitete Imprägnation mit Kalkspat hin, der öfter Gänge mit grobspätiger Füllung bildet. In solchen stark calcithaltenden Massen kommen noch Diallag in weitgehend zersetztem Zustand, reichlich Mikroklin, ferner Titanit, Klinozoisit und Epidot vor. Der hohe Mikroklingehalt muß als besonders auffällig hervorgehoben werden und hat in den übrigen Gesteinen des Gebietes kaum etwas Analoges. Bei weitgehender Saussuritisierung des Plagioklases erscheint neben den Epidotmineralien Prehnit, oft in großen Flecken mit ausgesprochener Parkettierung. Augit kann bald da, bald dort reichlicher werden, frisch oder zersetzt sein. Leukoxen ist auch allenthalben zu sehen, oft in Verbindung mit Titanit. Das Erz ist bis auf geringe Ausnahmen immer sulfidisch und ist auch in dieser Mine ungemein häufig von Zoisitmineralien eingeschlossen, stets aber an Menge zurücktretend. Ein Teil der Gesteine ist biotithaltig und dann bräunlich.

Zusammenfassung der Resultate.

Wenn wir näher auf die Beziehungen eingehen, welche sich aus den obigen Beobachtungen für das Verhältnis der Erze zu ihrem Nebengestein ergeben, so muß zunächst betont werden, daß in diesen Lagerstätten eine exakte Beweisführung weder für die Theorie der magmatischen Ausscheidung noch für jene der sekundären Zuführung erbracht werden kann. In gewissen Erscheinungen sind die Lagerstätten der Umgebung Varallo zweifellos ähnlich jenen anderer Gebiete mit analoger Erzführung. Aber es zeigen sich ebenso sicher in mancher Hinsicht weitgehende Abweichungen gegenüber von diesen. Im allgemeinen wird in dem in Betracht kommenden Gebiet eine große Schwierigkeit für die exakte Konstatierung der Form und Beschaffenheit der Lagerstätte in dem seit Jahrzehnten still liegenden Bergbau zu suchen sein. Die Eigenschaft sulfidischer Erze, in Berührung mit den Atmo-

sphärilien unter gleichzeitiger Produktion starker chemischer Agenzien sich zu verändern, hat die Aufschlüsse in großem Maße unklar gemacht. Und besonders schwierig erscheint es, in dem mit Geröll bedeckten Gebiet charakteristische Profile an den wenigen Aufschlüssen festzustellen.

Wie in allen übrigen Vorkommnissen sind die Nickelmagnetkieslagerstätten von Varallo an ziemlich basische Eruptivgesteine gebunden, die in der Hauptsache den Charakter von Hornblendegabbro an sich tragen. Aber es ist bezeichnend, daß dieses Gestein im allgemeinen nicht selbst der Träger des Erzes ist, sondern vielmehr basische Spaltungsprodukte desselben, in der Hauptsache vom Charakter der Pikrite, in denen der Gehalt an Plagioklas meist stark bis ganz zurücktritt, und ein stellenweise sehr bedeutender Gehalt an Olivin charakteristisch wird. Zweifellos sind die Erzputzen, die hier beobachtet wurden, nicht an der direkten Grenze zwischen dem Gneis und dem basischen Eruptivgestein vorhanden, ja in mehreren Fällen ist der Kontakt des Gneises einige km weit entfernt.

In den Gruben selbst habe ich den Gneis nirgends anstehend gefunden, und einige der besonders wichtigen Vorkommnisse, so die Gruben von La Balma und Laghetto, liegen sogar nahe der Mitte der Ivreazone. Die Erscheinung, daß die erzführenden Partien in den verschiedenen Teilen des Gebietes so außerordentlich ähnliche petrographische Beschaffenheit aufweisen, deutet auf eine gewisse Beziehung zwischen diesen basischen Spaltungsprodukten des Gabbros und dem Erz hin, welche ein Anhänger der Theorie der magmatischen Differenzierung nur als primäre Blutsverwandtschaft erklären wird, die aber ebensogut mit der sekundären Zuführung der Erze in Übereinstimmung zu bringen ist, wie Weinschenk an den Schwarzwälder Vorkommnissen gezeigt hat. Und besonders soll hier noch einmal der so sehr wechselnde Bestand der Erze betont werden, welcher in direktem Gegensatz zu den theoretischen Betrachtungen von Vogt über magmatische Erzausscheidungen steht.

Wenn so in den hier betrachteten Lagerstätten Beobachtungen zu machen sind, welche die Spaltungstheorie auch für diese Lagerstätten annehmbar erscheinen lassen, so bietet die genauere Untersuchung doch zahlreiche schwierig mit dieser Theorie in Übereinstimmung zu bringende Tatsachen. Die Form der Erzmassen, soweit sie aus den verfallenen Bauen noch erkannt werden kann, hat eine Beschaffenheit, die eher auf die sekundäre Zuführung auf Klüftungszonen hinweist. Die häufige Erscheinung mechanischer Veränderung, welche bei La Balma zur vollständigen Zerreibung wird, und die damit Hand in Hand gehende oft hochgradige Zersetzung der Gesteine, die außerhalb der Erzvorkommnisse ziemlich frisch sind, ist nicht gut mit einer primären Ausscheidung zu vereinigen. Allerdings wird durch diese mechanischen und chemischen Veränderungen, welche sich stellenweise ungemein häufen, die Erkenntnis außerordentlich erschwert, was primärer Bestandteil des Gesteins und was sekundär zugeführt ist. Und namentlich der reiche Gehalt der mechanisch und chemisch umgewandelten Gesteine an vorherrschend oxydischem Erz macht die Erscheinung noch unklarer.

Zugunsten der Infiltrationstheorie scheinen besonders die letzten beiden Gruben zu sprechen und vor allem die sekundären Quarzbildungen, welche Kies führen. Aber man darf die Beweiskraft dieser Vorkommnisse nicht überschätzen; denn es kann nicht von vornherein ausgeschlossen werden, daß quarzabsetzende Lösungen aus dem schon vorher erzführenden Gestein einen Teil des Erzbestandes herausgelöst und dem Quarzgang einverleibt hätten. Auch die Umhüllung der Erze durch Granat oder Epidotmineralien hat Vogt in seiner Beschreibung der norwegischen Lagerstätten schon hervorgehoben.

Die gesamten Erscheinungen, welche das mit großer Sorgfalt gesammelte und studierte Material zeigt, sind zweifellos viel zweideutiger als in den norwegischen oder canadischen Lagerstätten oder in jenen des Erzgebirges und Schwarzwaldes. Man möchte sagen, daß die Theorie der magmatischen Differenzierung der Nickelmagnetkieslagerstätten auf der Basis der hier untersuchten Vorkommnisse wohl kaum entstanden wäre, weil die Anhaltspunkte für eine solche Theorie sicher zu unklar sind. Ebenso aber läßt sich die spätere Infiltration der Erze in die schon vorhandenen basischen Eruptivgesteine hier keineswegs mit genügender Sicherheit feststellen, und der exakte Schluß, zu welchem diese Untersuchungen führen, kann wohl nur der sein, daß die hier vorliegenden interessanten Vorkommnisse weder in der einen noch in der anderen Richtung tatsächlich unwiderlegliche Beweise liefern. Wie das Verhältnis der Ivreazone selbst zu den umhüllenden Gneisbändern zweifelhaft bleiben muß, ebenso ergeben sich für den nicht Voreingenommenen keine stichhaltigen Anhaltspunkte für die Deutung der hier genauer studierten Lagerstätten, und

der Versuch, welcher hier gemacht wurde, einen Beitrag zur Erzlagerstättenlehre zu liefern, muß daher hauptsächlich in der Richtung aufgefaßt werden, daß ein Vorkommnis genauer studiert wurde, welches vorher der modernen Erzlagerstättenlehre fast unbekannt war.

Es erscheint zweifellos, daß die Vorkommnisse von Nickelmagnetkies in der Umgebung von Varallo an höchst basische Ausscheidungen innerhalb von Gabbrogesteinen gebunden sind, die an sich durch ihre weitgehende magmatische Spaltung auffallen. Die oft geradezu gangartige Form der Erzmassen aber, welche keineswegs wie analoge in Norwegen an der direkten Grenze der basischen Eruptivgesteine gegen das Nebengestein sich finden, scheint den durch ihre geologische Verbindung mit besonders gearteten Spaltungsprodukten des Gabbro nahegelegten Schlüssen zu widersprechen, und auch sonst sind hier ebenso wie in den norwegischen und canadischen Lagerstätten mannigfache Erscheinungen beschrieben worden, welche sich nur ganz gezwungen mit der Theorie magmatischer Spaltung vereinbaren lassen.

Dem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. E. Weinschenk sei der ergebene Dank seines Schülers für die Winke und Ratschläge bei der Bearbeitung des schwierigen Materials zum Ausdruck gebracht, und Dank sei ferner noch Herrn Dr. O. Stieglitz gesagt für die Stiftung der beträchtlichen Reisekosten.

München, petrographisches Seminar, Febr. 1909.